

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання контрольної роботи

з дисципліни

**МЕТОДОЛОГІЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ**  
**НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

*(для студентів 6 курсу заочної форми навчання  
спеціальності 8.03060107 – Логістика)*

**ХАРКІВ**  
**ХНУМГ**  
**2015**

Методичні вказівки до виконання контрольної роботи з дисципліни «Методологія та організація наукових досліджень» (для студентів 6 курсу заочної форми навчання спеціальності 8.03060107 – Логістика) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад.: Ю. О. Давідіч, Н. У. Гюлев, Д. М. Рославцев, Г. І. Фалецька. – Харків : ХНУМГ, 2015. – 40 с.

Укладачі: Ю. О. Давідіч, Н. У. Гюлев, Д. М. Рославцев, Г. І. Фалецька

Рецензент: д.т.н., проф. В. К. Доля

Рекомендовано кафедрою транспортних систем і логістики, протокол № 1 від 29 серпня 2013 р.

## ЗМІСТ

стор.

Завдання № 1. Визначення мінімального необхідного числа вимірювань, розподілених за нормальним законом, за наслідками попереднього експерименту.....	4
Завдання № 2. Планування повного факторного експерименту.....	9
Завдання № 3. Кореляційне відношення.....	11
Завдання № 4. Перевірка відтвореності дослідів.....	15
Завдання № 5. Вирівнювання емпіричних рядів способом найменших квадратів. Прямолінійна залежність.....	18
ДОДАТОК А (Завдання № 1).....	21
ДОДАТОК Б (Завдання № 2).....	28
ДОДАТОК В (Завдання № 3).....	31
ДОДАТОК Г (Завдання № 4).....	34
ДОДАТОК Д (Завдання № 5).....	38
Список джерел.....	38

**Завдання № 1**  
**ВИЗНАЧЕННЯ МІНІМАЛЬНОГО НЕОБХІДНОГО ЧИСЛА**  
**ВИМІРЮВАНЬ, РОЗПОДІЛЕНИХ ЗА НОРМАЛЬНИМ ЗАКОНОМ, ЗА**  
**НАСЛІДКАМИ ПОПЕРЕДНЬОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ**

**Мета** – придбання навиків планування експерименту й визначення мінімального необхідного числа вимірювань, розподілених за нормальним законом, за наслідками попереднього експерименту.

**Завдання.**

Розрахувати мінімальну необхідну кількість вимірювань при заданій точності вимірювань.

**Вихідні дані.**

Варіанти вихідних даних надані в додатку А.

**Порядок виконання завдання**

1. Одержати початкові дані для проведення розрахунків відповідно до заданого варіанта.
2. Обчислити розрахункові значення статистичних характеристик варійованого ряду і побудувати гістограму розподілу.
3. Провести візуальну оцінку нормальності розподілу.
4. Підрахувати мінімально необхідну кількість вимірювань при заданій точності вимірювань.

**Методичні рекомендації до виконання роботи**

1. Отримати вихідні дані згідно з варіантом, додаток А. Надати в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Результати попередніх вимірювань простої сенсорної реакції водія на світловий сигнал (варіант N)

Номери вимірювань	Час реакції, мс	Номери вимірювань	Час реакції, мс	Номери вимірювань	Час реакції, мс
1	197	7	171	13	137
2	202	8	198	14	201
3	196	9	135	15	192
4	213	10	204	16	167
5	154	11	172	17	201
6	194	12	153	18	205
Необхідна точність вимірювань 10 мс.					

2. Вибирають мінімальне й максимальне значення часу. Відповідно до початкових даних,  $t_{max} = 205$ ,  $t_{min} = 135$ .

3. Визначають інтервал варіювання реакції водія за такою формулою:

$$\Delta = t_{max} - t_{min}, \quad (1.1)$$

$$\Delta = 205 - 135 = 70.$$

4. Інтервал варіювання часу розбивають на декілька частин. Число класів визначають за формулою Старджеса:

$$K = 1 + 3,32 \lg n, \quad (1.2)$$

де  $n$  – число вимірювань часу руху.

$$K = 1 + 3,32 \lg 18 = 5.$$

5. Оцінюють класовий інтервал за формулою :

$$i = \frac{t_{\max} - t_{\min}}{K}, \quad (1.3)$$

$$i = \frac{205 - 135}{5} = 14.$$

6. Встановлюють межі кожного класу. Результати розрахунків надають у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Визначення меж класу й кількості значень у класі

№ класів	1	2	3	4	5
Межі класів	135 – 149	149–163	163–177	177–191	191–205
Кількість значень у класі, $m_j$	2	2	3	–	11

7. Підраховують число часу в кожному інтервалі  $m_j$ .

8. Визначають частоту попадання виміряного часу руху в кожен класовий інтервал.

$$P_j = \frac{m_j}{n}, \quad (1.4)$$

де  $m_j$  – кількість значень класу, що потрапили в  $j$ -й класовий інтервал.

$$P_1 = \frac{2}{18} = 0,111.$$

Для інших класів  $P$  розраховують аналогічно. Результати розрахунків зводять до таблиці 1.3.

9. Контролюють обчислення таким рівнянням:

$$\sum_j P_j = 1, \quad (1.5)$$

$$\sum_j P_j = 0,111 + 0,111 + 0,167 + 0,611 = 1.$$

10. Визначають відносну частість значень часу стосовно кожного класового інтервалу за формулою:

$$y_j = \frac{P_j}{i}, \quad (1.6)$$

$$y_1 = \frac{0,111}{14} = 0,0079286.$$

Контролюють обчислення таким рівнянням:

$$\sum_j y_j \cdot i = 1. \quad (1.7)$$

$$\sum_j y_j = (0,0079286 \cdot 2 + 0,0119286 + 0,0436429) \cdot 14 = 1$$

Для інших класів у розраховують аналогічно. Результати розрахунків зводять до таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Розрахункові значення для побудови гістограми і встановлення значень параметрів розподілу

Межі класів	Число значень часу в класовому інтервалі, $m_j$	Емпірична частота, $P_j$	Емпірична частість, $y_j$	Середина класів, $t_j$	$b_j = (t_j - t)$	$b_j^2$	$b_j^2 \cdot m_j$
135–149	2	0,111	0,0079286	142	–40,4	1632,16	3264,32
149–163	2	0,111	0,0079286	156	–26,4	696,96	1393,92
163–177	3	0,167	0,0119286	170	–12,4	153,76	461,28
177–191	–	–	–	–	–	–	–
191–205	11	0,611	0,0436429	198	15,6	243,36	2676,96
$\Sigma$	18	1	–	–	–	–	–

11. Будують гістограму вимірювань часу (рис. 1.1).

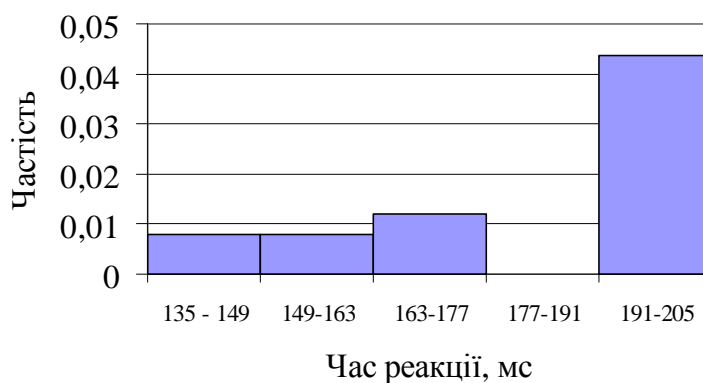


Рисунок 1.1 – Гістограма розподілу вимірювань часу

12. Визначають середину класів за формулою :

$$t_j = \frac{t_{j1} + t_{j2}}{2}, \quad (1.8)$$

де  $t_{j1}$ ,  $t_{j2}$  – відповідно нижня і верхня межі  $j$ -го класу.

13. Розраховують середнє арифметичне часу, зважене за частотами кожного класу за такою формулою:

$$t = i \sum_{j=1}^5 t_j \cdot y_j, \quad (1.9)$$

$$t = 14 \cdot (142 \cdot 0,0079286 + 156 \cdot 0,0079286 + 170 \cdot 0,0119286 + 0 + 198 \cdot 0,0436429) = 182,4.$$

14. Оцінюють відхилення значень часу середини класів від середньої арифметичної. Результати розрахунків зводять в таблиці 1.3.

$$b_j = (t_j - t). \quad (1.10)$$

15. Обчислюють квадрати відхилень  $b_j^2$ . Результати зводять в таблиці 1.3.

16. Обчислюють множення  $b_j^2 \cdot m_j$  і зносять у відповідну колонку таблиці 1.3. Визначають суму цих множень.

$$\sum_{j=1}^5 b_j^2 \cdot m_j = 7796,48.$$

17. Обчислюють середнє квадратичне відхилення за формулою:

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum b_j^2 \cdot m_j}{n-1}}, \quad (1.11)$$

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{7796,48}{18-1}} = \pm 21,415.$$

18. Задаються точністю вимірювань час руху згідно з варіантом.

19. Задають значущості результатам вимірювань. При дорожніх дослідженнях звичайно приймають рівень значущості рівним  $P = 0,05$ , що вказує на допущення 5-відсотової помилки. При цьому довірна ймовірність вимірювань складає  $1 - P = 0,95$ .

20. За значеннями нормованої функції Лапласа  $\Phi(t)$  нормоване відхилення буде  $t = 1,96$ , таблиця 1.4.

Таблиця 1.4 – Значення нормованої функції Лапласа  $\Phi(t)$

$\Phi(t)$	0,09488	0,95450	0,9907	0,9986
$t$	1,95	2,0	2,6	3,2

21. Визначають мінімальне необхідне число вимірювань часу при заданій точності вимірювань  $\Delta = \pm 5 \text{ км/год}$  :

$$\alpha(5) = \frac{t^2 \cdot \sigma^2}{\Delta^2}, \quad (1.12)$$

$$\alpha(5) = \frac{1,96^2 \cdot 21,415^2}{5^2} = 70 \text{ вимірювань.}$$

При заданій точності вимірювань  $\Delta = \pm 1 \text{ км/год}$ .

$$\alpha(5) = \frac{1,96^2 \cdot 21,415^2}{1^2} = 1761 \text{ вимірювань.}$$

21. Зробити висновок.

### Питання до самостійної роботи

1. Сформулюйте особливості нормального закону розподілу.
2. Від чого залежить значення кількості класів?
3. Що характеризує середнє квадратичне відхилення?
4. Чому дорівнюють рівень значущості і довірна ймовірність в більшості випадків та зокрема у даному експерименті?
5. Як впливає збільшення значення точності вимірювання на розрахункове значення необхідного числа вимірювань?



## Завдання № 2

### ПЛАНУВАННЯ ПОВНОГО ФАКТОРНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ

**Мета** – набути навички побудови плану-матриці і плану-схеми повного факторного експерименту.

**Завдання.**

Набути навички побудови плану-матриці і плану-схеми повного факторного експерименту.

**Вихідні дані.**

Результати експериментальних досліджень двох чинників  $x$  і  $y$ . Варіанти вихідних даних надані в додатку Б.

#### Порядок виконання завдання

1. Визначити нульові рівні чинників та виконати їхнє кодування
2. Скласти план-матрицю експерименту.
3. Скласти план-схему експерименту.

#### Методичні рекомендації до виконання роботи

1. Отримати вихідні дані згідно з варіантом. Надати в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані (варіант  $N$ )

№ чиннику	Чинник	Позначання	Значення
1	Інтенсивність руху на смузі	$N_{max}$ , авт/год	500
		$N_{min}$ , авт/год	100
2	Радіус дорожнього закруглення	$r_{max}$ , м	600
		$r_{min}$ , м	100

2. Розраховують інтервали варіювання чинників:

$$U_N = 500 - 100 = 400 \text{ авт/год} , \quad (2.1)$$

$$U_r = 600 - 100 = 500 \text{ м} .$$

3. Визначають нульові рівні чинників за формулою :

$$N_0 = \frac{U_N}{2} + N_{min} = \frac{400}{2} + 100 = 300 \text{ авт / год} , \quad (2.2)$$

$$r_0 = \frac{U_r}{2} + r_{min} = \frac{500}{2} + 100 = 350 \text{ м} .$$

4. Проводять кодування рівнів чинників:

$$N_{\min} = \frac{N_{\min} - N_0}{0,5 \cdot U_N} = \frac{100 - 300}{0,5 \cdot 400} = -1, \quad (2.3)$$

$$N_{\max} = \frac{N_{\max} - N_0}{0,5 \cdot U_N} = \frac{500 - 300}{0,5 \cdot 400} = +1,$$

$$r_{\min} = \frac{r_{\min} - r_0}{0,5 \cdot U_r} = \frac{100 - 350}{0,5 \cdot 500} = -1,$$

$$r_{\max} = \frac{r_{\max} - r_0}{0,5 \cdot U_r} = \frac{600 - 350}{0,5 \cdot 500} = +1.$$

5. Будують план-схему експерименту (рис. 2.1)

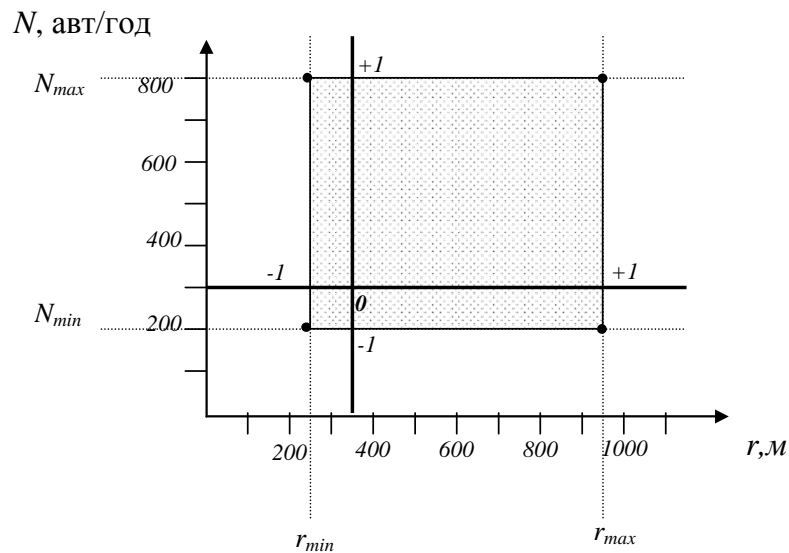


Рисунок 2.1 – План-схема експерименту

6. Складають план-матрицю експерименту.

Таблиця 2.1 – План-матриця експерименту

Номер експерименту	Чинники і значення їх рівня	
	n	r
1	1	-1
	500	100
2	1	1
	500	600
3	-1	1
	100	600
4	-1	-1
	100	100

### Питання до самостійної роботи

1. Що таке чинник?
2. Що таке повний факторний експеримент?
3. Що таке рівень чинника? На яких рівнях варіюють чинники в повному факторному експерименті? Як визначаються рівні експерименту?
4. Як здійснюють кодування чинників?
5. Які значення приймають нижній і верхній рівні чинників після кодування?
6. Що таке план-матриця експерименту?
7. Що таке план-схема експерименту?

### Завдання № 3 Кореляційне відношення

**Мета** – засвоїти методику обчислення кореляційного відношення без розбиття варіанта на класи для нелінійних кореляційних зв'язків.

#### Завдання

Засвоїти методику обчислення кореляційного відношення без розбиття варіанта на класи для нелінійних кореляційних зв'язків.

#### Вихідні дані.

Результати експериментальних досліджень двох чинників  $x$  і  $y$ . Варіанти вихідних даних надані в додатку В.

### Порядок виконання завдання

1. Провести ранжирування вихідних даних.
2. Розрахувати кореляційне відношення.
3. Розрахувати квадратичну помилку кореляційного відношення.
4. Розрахувати критерій вірогідності.
5. Побудувати лінію регресії  $y$  по  $x$ .

### Методичні рекомендації до виконання роботи

1. Отримати вихідні дані згідно з варіантом. Надати у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати експериментальних досліджень (варіант N)

x	y	x	y
5,7	40	5,8	32,5
6,9	32	6,7	39,5
6,7	39	6	38
7	31	5,5	35,5
5,9	33,5	6,9	36
6	33	6,3	35
5,6	40	6,4	41
6,2	35		

2. Провести ранжирування вихідних даних таблиці 3.1 по  $x$ . Результати ранжирування навести у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Ранжирування даних

$x$	$y$	$\overline{y_0}$	$y - \overline{y_0}$	$(y - \overline{y_0})^2$	$y - \overline{y}$	$(y - \overline{y})^2$
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
5,5	35,5	35,5	0	0	-0,57	0,3249
5,6	40	40	0	0	3,93	15,4449
5,7	40	40	0	0	3,93	15,4449
5,8	32,5	32,5	0	0	-3,57	12,7449
5,9	33,5	33,5	0	0	-2,57	6,6049
6	33	35,5	-2,5	6,25	-3,07	9,4249
6	38	35,5	2,5	6,25	1,93	3,7249
6,2	35	35	0	0	-1,07	1,1449
6,3	35	35	0	0	-1,07	1,1449
6,4	41	41	0	0	4,93	24,3049
6,7	39	39,25	-0,25	0,0625	2,93	8,5849
6,7	39,5	39,25	-0,25	0,0625	3,43	11,7649
6,9	36	34	2	4	-0,07	0,0049
6,9	32	34	-2	4	-4,07	16,5649
7	31	31	0	0	-5,07	25,7049
				$\Sigma=20,625$		$\Sigma=152,9335$

3. Розділити дані ранжируваного ряду  $x$  на групи з однаковими значеннями змінної  $i$  для цих груп визначити значення середніх  $\overline{y_0}$  по ряду  $y$ :

$$\overline{y_0}(1) = \frac{33 + 38}{2} = 35,5;$$

$$\overline{y_0}(2) = \frac{39 + 39,5}{2} = 39,25;$$

$$\overline{y_0}(3) = \frac{36 + 32}{2} = 34.$$

Результати розрахунків надати у таблиці 3.2.

4. Обчислити кореляційне відношення прямим способом за формулами:

$$\eta_{x/y} = \sqrt{\frac{\sum (x - \overline{x})^2 - \sum (x - \overline{x_0})^2}{\sum (x - \overline{x})^2}}; \quad (3.1)$$

$$\eta_{y/x} = \sqrt{\frac{\sum (y - \overline{y})^2 - \sum (y - \overline{y_0})^2}{\sum (y - \overline{y})^2}}. \quad (3.2)$$

5. Середнє значення  $y$  розраховують за такою формулою:

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} = 36,07,$$

де  $n$  – кількість чинників.

$$\eta_{y/x} = \sqrt{\frac{152,9335 - 20,625}{152,9335}} = 0,93.$$

6. Визначити квадратичну помилку кореляційного відношення за формулою:

$$m_{\eta} = \sqrt{\frac{1 - \eta^2}{n - 2}}, \quad (3.3)$$

$$m_1 = \sqrt{\frac{1 - 0,93^2}{15 - 2}} = 0,102.$$

7. Обчислити критерій достовірності кореляційного відношення за формулою:

$$t_1 = \frac{\eta}{m_{\eta}} = \frac{0,93}{0,102} = 9,12.$$

Порівняти розрахункове значення з табличним значенням  $t$ -критерію Стьюдента за таблицею 3.3. У даному випадку критерій достовірності досить високий (розрахункове значення більше табличного).

Таблиця 3.3 – Значення  $t$ -критерію Стьюдента при 5– відсотковому рівні значущості

<b>n</b>	<b>t</b>	<b>n</b>	<b>t</b>	<b>n</b>	<b>t</b>
1	12,71	11	2,201	21	2,080
2	4,303	12	2,179	22	2,074
3	3,182	13	2,160	23	2,069
4	2,776	14	2,145	24	2,064
5	2,571	15	2,131	25	2,060
6	2,447	16	2,120	26	2,056
7	2,365	17	2,110	27	2,052
8	2,306	18	2,101	28	2,048
9	2,262	19	2,093	29	2,045
10	2,228	20	2,086	30	2,042

8. Таким же чином визначити кореляційне відношення  $x$  по  $y$  (повторити пункти 1–7), помилка і критерій достовірності :

$$\eta_{x/y} = \sqrt{\frac{3,9856 - 0,01}{3,9856}} = 0,999 ;$$

$$m_2 = \sqrt{\frac{1 - 0,999^2}{15 - 2}} = 0,012 ;$$

$$t_1 = \frac{0,999}{0,012} = 83,25 .$$

В обох випадках вийшли високі й цілком достовірні показники зв'язку.

9. Записати кореляційне відношення у вигляді (враховуючи квадратичну помилку) :

$$\eta_{y/x} = 0,93 \pm 0,102 ,$$

$$\eta_{x/y} = 0,999 \pm 0,012 .$$

10. Визначити коефіцієнт криволінійної кореляції, тобто сумарний показник зв'язку за формулою :

$$r_\eta = \sqrt{\eta_{x/y} \cdot \eta_{y/x}} \quad (3.4)$$

$$r_\eta = \sqrt{0,93 \cdot 0,999} = 0,963$$

11. Побудувати лінію регресії  $y$  по  $x$  (рис. 3.1).

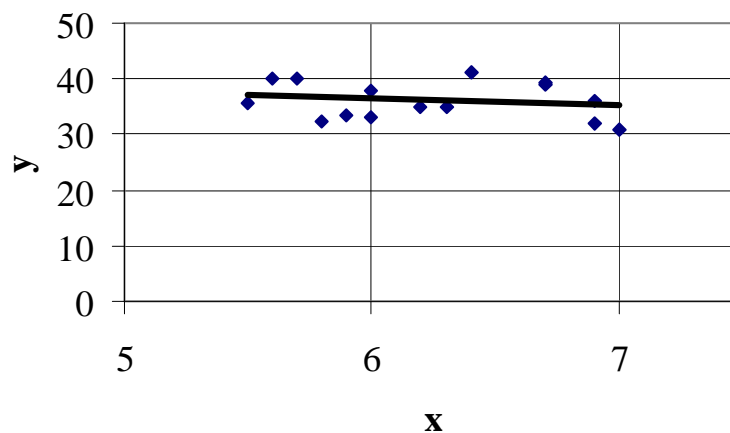


Рис. 3.1 – Кореляційне поле

12. Зробити висновки за роботою.

## Питання до самостійної роботи

1. Для яких зв'язків розраховують кореляційне відношення?
2. Що характеризує кореляційне відношення?
3. Що характеризує коефіцієнт криволінійної кореляції?
4. Що таке «кореляційне поле» і лінія регресії?

### Завдання № 4

#### ПЕРЕВІРКА ВІДТВОРЕНOSTІ ДОСЛІДІВ

**Мета** – ознайомитися з методикою перевірки відтвореності дослідів.

**Завдання.**

Ознайомитися з методикою перевірки відтвореності дослідів.

**Вихідні дані**

Результати експериментальних досліджень випробування на міцність при стисненні цементобетонних зразків. Варіанти вихідних даних надані в додатку Г.

#### Порядок виконання завдання

1. Обчислити середнє арифметичне значення реакції системи.
2. Обчислити оцінку дисперсії для кожної серії паралельних дослідів.
3. Визначити розрахункове значення критерію Кохрена.
4. Оцінити відтвореність дослідів за наслідками

#### Методичні рекомендації до виконання роботи

1. Отримати вихідні дані згідно з варіантом. Надати в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1. – Реакція системи на зовнішній вплив

Номер серії дослідів	Результати паралельних дослідів					$\overline{y_j}$	$S_j^2$
1	$Y_{11}$	$Y_{12}$	$Y_{13}$	.....	$Y_{1k}$	$\overline{y_1}$	$S_1^2$
2	$Y_{21}$	$Y_{22}$	$Y_{23}$	.....	$Y_{2k}$	$\overline{y_2}$	$S_2^2$
3	$Y_{31}$	$Y_{32}$	$Y_{33}$	.....	$Y_{3k}$	$\overline{y_3}$	$S_3^2$
J	$Y_{j1}$	$Y_{j2}$	$Y_{j3}$	.....	$Y_{jk}$	$\overline{y_j}$	$S_j^2$
n	$Y_{n1}$	$Y_{n2}$	$Y_{n3}$	.....	$Y_{nk}$	$\overline{y_n}$	$S_n^2$

Для прикладу представлені розрахунки згідно з таблицею 4.2.

Таблиця 4.2 – Результати дослідів (варіант N)

Номер серії дослідів	Результати вимірювань реакції системи на зовнішню дію				$\overline{y_j}$	$S_j^2$
	$y_{j1}$	$y_{j2}$	$y_{j3}$	$y_{j4}$		
1	49,2	48,8	57,0	52,0	51,75	15,29
2	49,0	51,2	54,0	54,6	52,2	18,8
3	48,2	52,6	52,0	50,0	50,7	3,67
4	54,4	52,0	50,7	48,6	51,43	5,9
5	48,4	48,3	52,3	51,6	50,15	4,39

2. Для кожної серії паралельних дослідів обчислити середнє арифметичне значення реакції системи за формулою :

$$\overline{y_j} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k y_{ji}, \quad (j = 1, 2, \dots, n), \quad (4.1)$$

де  $k$  – число паралельних дослідів, проведених за однакових умов.

$$\overline{y_1} = \frac{49,2 + 48,8 + 57 + 52}{4} = 51,75.$$

Аналогічно провести розрахунки для інших значень  $y$ . Результати розрахунків надати в таблиці 4.2.

3. Обчислити оцінку дисперсії для кожної серії паралельних дослідів за формулою :

$$S_j^2 = \frac{1}{k-1} \sum_{j=1}^k (y_{ji} - \overline{y_j})^2 \quad (4.2)$$

$$S_1^2 = \frac{(49,2 - 51,75)^2 + (48,8 - 51,75)^2 + (57 - 51,75)^2 + (52 - 51,75)^2}{4-1} = 15,29$$

Аналогічно провести розрахунки для інших значень  $y$ . Результати розрахунків надати в таблиці 4.2.

4. Знайти суму оцінки дисперсії за формулою :

$$A = \sum_{j=1}^n S_j^2, \quad (4.3)$$

$$A = 15,29 + 18,8 + 3,67 + 5,9 + 4,39 = 48,05.$$

5. З найдених оцінок вибрати максимальне значення дисперсії,  $\max S_j^2$ .

6. Визначити розрахункове значення критерію Кохрена за формулою:

$$G_p = \frac{\max S_j^2}{A}, \quad (4.4)$$

$$G_p = \frac{18,8}{48,05} = 0,39.$$



7. Визначити число ступенів свободи за формулою:

$$\begin{aligned} f &= k - 1, \\ f &= 4 - 1 = 3. \end{aligned} \quad (4.5)$$

8. Користуючись загальною кількістю оцінок дисперсій  $n$  і числом ступенів свободи  $f$ , по таблиці 4.3 визначити табличне значення Кохрена  $G_m$ , при рівні значущості  $P=0,95$ . У даному випадку при  $n=5, f=4$   $G_m=0,544$ .

При  $G_p = G_m$  досліді вважаються відтвореними.

При  $G_p > G_m$  – досліді невідтворні.

Оскільки в нашому випадку  $G_m > G_p$ , то досліді можна вважати відтвореними.

Таблиця 4.3 – Значення критерію Кохрена

$n$	Число ступенів свободи $f$							
	1	2	3	4	5	6	7	8
2	0,999	0,975	0,939	0,906	0,877	0,853	0,833	0,816
3	0,967	0,871	0,798	0,746	0,707	0,677	0,653	0,633
4	0,907	0,768	0,684	0,629	0,590	0,560	0,637	0,518
5	0,841	0,684	0,598	0,544	0,507	0,478	0,456	0,439
6	0,781	0,616	0,532	0,480	0,445	0,418	0,398	0,382
7	0,727	0,561	0,480	0,431	0,397	0,373	0,354	0,338
8	0,680	0,516	0,438	0,391	0,360	0,336	0,319	0,304
9	0,639	0,478	0,403	0,358	0,329	0,307	0,290	0,277
10	0,602	0,445	0,373	0,331	0,303	0,282	0,267	0,254

9. Порівняти розрахункове і табличне значення критерію Кохрена.

10. Зробити висновки.

### Питання до самостійної роботи

1. Що таке дисперсія?
2. За допомогою якого критерію перевіряють відтвореність дослідів?
3. За яких умов досліді вважаються відтвореними?
4. Що характеризує число ступенів свободи?
5. Як розраховують значення критерію Кохрена?

## Завдання № 5

### ВИРІВНЮВАННЯ ЕМПІРИЧНИХ РЯДІВ СПОСОБОМ НАЙМЕНШИХ КВАДРАТІВ. ПРЯМОЛІНІЙНА ЗАЛЕЖНІСТЬ

**Мета** – ознайомитися з методикою вирівнювання емпіричних рядів способом найменших квадратів.

#### Завдання

Оцінити, наскільки співпадають лінії емпіричної і теоретичної кривих, що знаходяться у прямолінійній залежності за допомогою вирівнювання емпіричних рядів способом найменших квадратів.

#### Вихідні дані

Результати дослідження залежності швидкості автомобіля від радіуса кривої в плані на гірських дорогах. Варіанти вихідних даних надані в додатку Д.

#### Порядок виконання завдання

1. Побудувати графік дослідної залежності.
2. Побудувати емпіричне рівняння.
3. Побудувати графік теоретичної залежності.
4. Оцінити, наскільки співпадають лінії емпіричної і теоретичної кривих

#### Методичні рекомендації до виконання роботи

1. Обрати вихідні дані згідно з варіантом з додатку й надати у вигляді таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Вплив швидкості автопоїзда на величину відхилення (варіант N)

x	20	25	35	45	55	60	70	80
y	17	20	25	29	33	36	39	43

У розрахунках приймаємо:  $x$  – швидкість автопоїзда, км/год;  $y$  – величина відхилення, см.

2. Побудувати графік дослідної залежності від  $x$  (рис. 5.1).

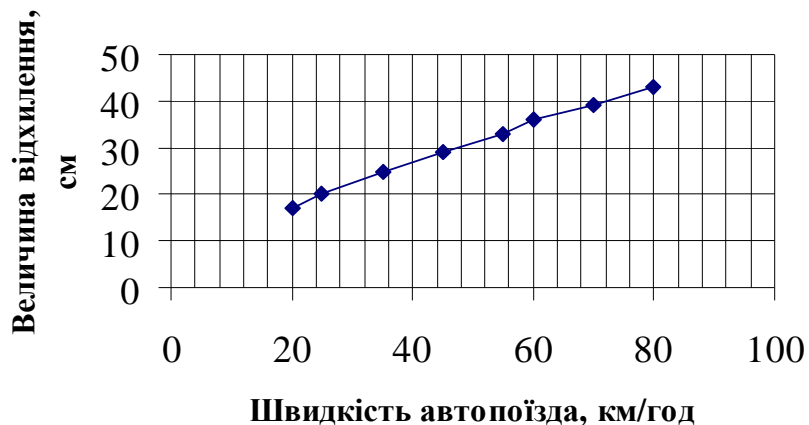


Рисунок 5.1 – Залежність величини відхилення від швидкості автопоїзда  
(емпірична залежність)

3. З графіка видно, що між чинниками  $y$  і  $x$  існує прямолінійна залежність, яку можна виразити рівнянням загального вигляду:

$$y = a + bx. \quad (5.1)$$

4. Підставляючи в це рівняння попарно емпіричні дані, одержати 8 рівнянь (табл. 5.2). Число рівнянь рівне числу пар змінних.

5. Помножити кожне рівняння на коефіцієнт при  $b$  і одержати ще 8 рівнянь (табл. 5.2).

Таблиця 5.2 – Перетворення рівнянь

$y = a + bx$	$xy = xa + bx^2$
$17 = a + 20b$	$340 = 20a + 400b$
$20 = a + 25b$	$500 = 25a + 625b$
$25 = a + 35b$	$875 = 35a + 1225b$
$29 = a + 45b$	$1305 = 45a + 2025b$
$33 = a + 55b$	$1815 = 55a + 3025b$
$36 = a + 60b$	$2160 = 60a + 3600b$
$39 = a + 70b$	$2730 = 70a + 4900b$
$43 = a + 80b$	$3440 = 80a + 6400b$
$242 = 8a + 390b$	$13165 = 390a + 22200b$

6. Підсумовуючи членне рівняння, одержати систему двох рівнянь з двома невідомими.

$$\begin{cases} 242 = 8a + 390b \\ 13165 = 390a + 22200b. \end{cases}$$

7. Вирішити спільно ці рівняння методом підстановки і знайти значення цих параметрів:

$$\begin{cases} 242 = 8a + 390b \\ 13165 = 390a + 22200b \end{cases} \begin{cases} a = \frac{242 - 390b}{8} \\ 390\left(\frac{242 - 390b}{8}\right) + 22200b = 13165, \end{cases}$$

$$a = 9,29; \quad b = 0,43.$$

8. Звідси одержати емпіричне рівняння, що виражає лінійну залежність між наступними чинниками :

$$y = 9,29 + 0,43x.$$

9. Визначити за цією формулою теоретичне значення  $y$  і побудувати графік, (табл. 5.3, рис. 5.2.)

Таблиця 5.3 – Значення емпіричної і теоретичної залежностей

$x$	20	25	35	45	55	60	70	80
$y_{\text{емп}}$	17	20	25	29	33	36	39	43
$y_{\text{теор}}$	17,89	20,04	24,34	28,64	32,94	35,09	39,39	43,69

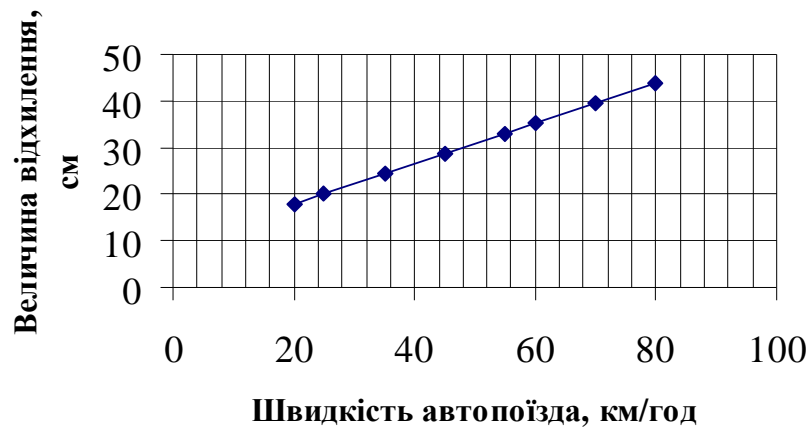


Рисунок 5.2 – Залежність величини відхилення від швидкості автопоїзда, вирівняна способом найменших квадратів (теоретична залежність)

10. Оцінити, наскільки співпадають лінії емпіричної і теоретичної залежностей.
- 11.Зробити висновки.

### Питання до самостійної роботи

1. Яким рівнянням описується прямолінійна залежність?
2. У чому полягає спосіб найменших квадратів? Для чого він використається?
3. У чому різниця між емпіричною і теоретичною залежностями?

## ДОДАТОК А

Варіанти завдання для самостійного вирішення

**Завдання № 1.** Визначення мінімального необхідного числа вимірювань, розподілених за нормальним законом, за наслідками попереднього експерименту

Таблиця А.1 – Результати попередніх вимірювань простої сенсорної реакції водія на світловий сигнал

Номери вимірювань	Час реакції, мс	Номери вимірювань	Час реакції, мс	Номери вимірювань	Час реакції, мс
1	2	3	4	5	6
<i>Варіант 1</i>					
1	187	7	161	13	127
2	192	8	188	14	191
3	186	9	125	15	182
4	203	10	194	16	157
5	144	11	162	17	191
6	184	12	143	18	195
Необхідна точність вимірювань 10 мс.					
<i>Варіант 2</i>					
1	235	7	205	13	184
2	163	8	161	14	131
3	152	9	192	15	141
4	178	10	153	16	155
5	161	11	215	17	163
6	131	12	211	18	163
Необхідна точність вимірювань 20 мс.					
<i>Варіант 3</i>					
1	228	7	176	13	217
2	184	8	194	14	171
3	168	9	198	15	187
4	174	10	193	16	171
5	211	11	196	17	189
6	215	12	182	18	209
Необхідна точність вимірювань 15 мс.					
<i>Варіант 4</i>					
1	170	7	192	13	201
2	183	8	168	14	193
3	164	9	168	15	219
4	181	10	164	16	215
5	163	11	238	17	190
6	190	12	121	18	192

1	2	3	4	5	6
Необхідна точність вимірювань 5 мс.					
<i>Варіант 5</i>					
1	187	7	192	13	186
2	161	8	188	14	125
3	127	9	191	15	182
4	235	10	163	16	152
5	205	11	161	17	192
6	184	12	131	18	141
Необхідна точність вимірювань 25 мс.					
<i>Варіант 6</i>					
1	228	7	184	13	168
2	176	8	194	14	198
3	217	9	171	15	187
4	170	10	183	16	164
5	192	11	168	17	168
6	121	12	201	18	193
Необхідна точність вимірювань 10 мс.					
<i>Варіант 7</i>					
1	203	7	144	13	184
2	194	8	162	14	143
3	157	9	191	15	195
4	178	10	161	16	131
5	153	11	215	17	211
6	202	12	155	18	163
Необхідна точність вимірювань 15 мс					
<i>Варіант 8</i>					
1	174	7	211	13	215
2	193	8	196	14	215
3	171	9	189	15	182
4	181	10	163	16	209
5	164	11	177	17	190
6	219	12	238	18	201
Необхідна точність вимірювань 10 мс.					
<i>Варіант 9</i>					
1	170	7	144	13	110
2	175	8	171	14	174
3	169	9	108	15	165
4	186	10	177	16	140
5	127	11	145	17	174
6	167	12	126	18	178

1	2	3	4	5	6
Необхідна точність вимірювань 10 мс.					
<i>Варіант 10</i>					
1	218	7	188	13	167
2	146	8	144	14	114
3	135	9	175	15	124
4	161	10	136	16	138
5	144	11	198	17	146
6	114	12	194	18	146
Необхідна точність вимірювань 20 мс.					
<i>Варіант 11</i>					
1	211	7	159	13	200
2	167	8	177	14	154
3	151	9	181	15	170
4	157	10	176	16	154
5	194	11	179	17	172
6	198	12	165	18	192
Необхідна точність вимірювань 15 мс.					
<i>Варіант 12</i>					
1	153	7	175	13	184
2	166	8	151	14	176
3	147	9	151	15	202
4	164	10	147	16	198
5	146	11	221	17	173
6	173	12	104	18	175
Необхідна точність вимірювань 5 мс.					
<i>Варіант 13</i>					
1	170	7	175	13	169
2	144	8	171	14	108
3	110	9	174	15	165
4	218	10	146	16	135
5	188	11	144	17	175
6	167	12	114	18	124
Необхідна точність вимірювань 25 мс.					
<i>Варіант 14</i>					
1	211	7	167	13	151
2	159	8	177	14	181
3	200	9	154	15	170
4	153	10	166	16	147
5	175	11	151	17	151
6	104	12	184	18	176

1	2	3	4	5	6
Необхідна точність вимірювань 10 мс.					
<i>Варіант 15</i>					
1	186	7	127	13	167
2	177	8	145	14	126
3	140	9	174	15	178
4	161	10	144	16	114
5	136	11	198	17	194
6	185	12	138	18	146
Необхідна точність вимірювань 15 мс					
<i>Варіант 16</i>					
1	157	7	194	13	198
2	176	8	179	14	198
3	154	9	172	15	165
4	164	10	146	16	192
5	147	11	160	17	173
6	202	12	221	18	184
Необхідна точність вимірювань 10 мс.					
<i>Варіант 17</i>					
1	172	7	146	13	112
2	177	8	173	14	176
3	171	9	110	15	167
4	188	10	179	16	142
5	129	11	147	17	176
6	169	12	128	18	180
Необхідна точність вимірювань 10 мс.					
<i>Варіант 18</i>					
1	220	7	190	13	169
2	148	8	146	14	116
3	137	9	177	15	126
4	163	10	138	16	140
5	146	11	200	17	148
6	116	12	196	18	148
Необхідна точність вимірювань 20 мс.					
<i>Варіант 19</i>					
1	213	7	161	13	202
2	169	8	179	14	156
3	153	9	183	15	172
4	159	10	178	16	156
5	196	11	181	17	174
6	200	12	167	18	194
Необхідна точність вимірювань 15 мс.					



1	2	3	4	5	6
<i>Варіант 20</i>					
1	155	7	177	13	186
2	168	8	153	14	178
3	149	9	153	15	204
4	166	10	149	16	200
5	148	11	223	17	175
6	175	12	106	18	177
Необхідна точність вимірювань 5 мс.					
<i>Варіант 21</i>					
1	172	7	177	13	171
2	146	8	173	14	110
3	112	9	176	15	167
4	220	10	148	16	137
5	190	11	146	17	177
6	169	12	116	18	126
Необхідна точність вимірювань 25 мс.					
<i>Варіант 22</i>					
1	213	7	169	13	153
2	161	8	179	14	183
3	202	9	156	15	172
4	155	10	168	16	149
5	177	11	153	17	153
6	106	12	186	18	178
Необхідна точність вимірювань 10 мс.					
<i>Варіант 23</i>					
1	188	7	129	13	169
2	179	8	147	14	128
3	142	9	176	15	180
4	163	10	146	16	116
5	138	11	200	17	196
6	187	12	140	18	148
Необхідна точність вимірювань 15 мс					
<i>Варіант 24</i>					
1	159	7	196	13	200
2	178	8	181	14	200
3	156	9	174	15	167
4	166	10	148	16	194
5	149	11	162	17	175
6	204	12	223	18	186
Необхідна точність вимірювань 10 мс.					

1	2	3	4	5	6
<i>Варіант 25</i>					
1	175	7	149	13	115
2	180	8	176	14	179
3	174	9	113	15	170
4	191	10	182	16	145
5	132	11	150	17	179
6	172	12	131	18	183
Необхідна точність вимірювань 10 мс.					
<i>Варіант 26</i>					
1	223	7	193	13	172
2	151	8	149	14	119
3	140	9	180	15	129
4	166	10	141	16	143
5	149	11	203	17	151
6	119	12	199	18	151
Необхідна точність вимірювань 20 мс.					
<i>Варіант 27</i>					
1	216	7	164	13	205
2	172	8	182	14	159
3	156	9	186	15	175
4	162	10	181	16	159
5	199	11	184	17	177
6	203	12	170	18	197
Необхідна точність вимірювань 15 мс.					
<i>Варіант 28</i>					
1	158	7	180	13	189
2	171	8	156	14	181
3	152	9	156	15	207
4	169	10	152	16	203
5	151	11	226	17	178
6	178	12	109	18	180
Необхідна точність вимірювань 5 мс.					
<i>Варіант 29</i>					
1	175	7	180	13	174
2	149	8	176	14	113
3	115	9	179	15	170
4	223	10	151	16	140
5	193	11	149	17	180
6	172	12	119	18	129
Необхідна точність вимірювань 25 мс.					

<i>Варіант 30</i>					
1	216	7	172	13	156

Продовження таблиці А.1

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
2	164	8	182	14	186
3	205	9	159	15	175
4	158	10	171	16	152
5	180	11	156	17	156
6	109	12	189	18	181
Необхідна точність вимірювань 10 мс.					

**Варіанти завдання для самостійного виконання**  
**Завдання № 2. Планування повного факторного експерименту**

Чинники, що впливають на швидкість руху автомобіля

*Варіант 1*

- 1-й чинник – інтенсивність руху на смузі ( $N_{\max} = 600 \text{ авт/год}$ ;  $N_{\min} = 150 \text{ авт/год}$ ).  
 2-й чинник – частка легкових автомобілів у потоці ( $\rho_{\max} = 100\%$ ;  $\rho_{\min} = 0\%$ ).

*Варіант 2*

- 1-й чинник – інтенсивність руху на смузі ( $n_{\max} = 500$ ;  $n_{\min} = 100 \text{ авт/год}$ ).  
 2-й чинник – радіус дорожнього закруглення ( $r_{\max} = 600$ ;  $r_{\min} = 100 \text{ м}$ ).

*Варіант 3*

- 1-й чинник – інтенсивність руху на дорозі ( $n_{\Sigma \min} = 200$ ;  $n_{\Sigma \max} = 900 \text{ авт / год}$ ).  
 2-й чинник – ширина проїжджої частини ( $B_{\max} = 12$ ;  $B_{\min} = 7 \text{ м}$ ).

*Варіант 4*

- 1-й чинник – інтенсивність руху на смузі ( $n_{\max} = 550$ ;  $n_{\min} = 100 \text{ авт/год}$ ).  
 2-й чинник – коефіцієнт зчеплення колеса з покриттям ( $\phi_{\max} = 0,8$ ;  $\phi_{\min} = 0,07$ ).

*Варіант 5*

- 1-й чинник – радіус дорожнього закруглення ( $r_{\max} = 500$ ;  $r_{\min} = 30 \text{ м}$ ).  
 2-й чинник – коефіцієнт поперечного зчеплення ( $\phi_{0\max} = 0,5$ ;  $\phi_{0\min} = 0,04$ ).

*Варіант 6*

- 1-й чинник – інтенсивність руху на смузі ( $n_{\max} = 500$ ;  $n_{\min} = 150 \text{ авт/ч}$ ).  
 2-й чинник – подовжній ухил ділянки дороги ( $i_{\max} = 40\%$ ;  $i_{\min} = 10\%$ ).

*Варіант 7*

- 1-й чинник – інтенсивність руху на смузі ( $n_{\max} = 450$ ;  $n_{\min} = 100 \text{ авт/ч}$ ).  
 2-й чинник – подовжній ухил ділянки дороги ( $i_{\max} = 50\%$ ;  $i_{\min} = 0\%$ ).

*Варіант 8*

- 1-й чинник – інтенсивність руху на смузі ( $n_{\max} = 400$ ;  $n_{\min} = 50 \text{ авт/год}$ ).  
 2-й чинник – подовжній ухил ділянки дороги ( $i_{\max} = 50\%$ ;  $i_{\min} = 5\%$ ).

*Варіант 9*

- 1-й чинник – ширина проїжджої частини ( $B_{\max} = 15$ ;  $B_{\min} = 6 \text{ м}$ ).  
 2-й чинник – ширина узбіччя ( $B_{\max} = 3,75$ ;  $B_{\min} = 0,5 \text{ м}$ ).

*Варіант 10*

- 1-й чинник – радіус дорожнього закруглення ( $r_{\max} = 600$ ;  $r_{\min} = 30 \text{ м}$ ).  
 2-й чинник – ширина узбіччя ( $B_{\max} = 3,5$ ;  $B_{\min} = 0,5 \text{ м}$ ).

*Варіант 11*

- 1-й чинник – інтенсивність руху на смузі ( $n_{\max} = 430$ ;  $n_{\min} = 30 \text{ авт/год}$ ).  
 2-й чинник – радіус дорожнього закруглення ( $r_{\max} = 300$ ;  $r_{\min} = 50 \text{ м}$ ).  
 3-й чинник – слизькість покриття ( $\phi_{0\max} = 0,4$ ;  $\phi_{0\min} = 0,05$ ).

*Варіант 12*

- 1-й чинник – інтенсивність руху на смузі ( $n_{\max} = 600$ ;  $n_{\min} = 150 \text{ авт/год}$ ).  
 2-й чинник – частка легкових автомобілів у потоці ( $\rho_{\max} = 100\%$ ;  $\rho_{\min} = 0\%$ ).  
 3-й чинник – слизькість покриття ( $\phi_{\max} = 0,8$ ;  $\phi_{\min} = 0,1$ ).

### Варіант 13

- 1-й чинник – поздовжній ухил ділянки дороги ( $i_{\max} = 50\text{‰}$ ;  $i_{\min} = 15\text{‰}$ ).  
2-й чинник – слизькість покриття ( $\varphi_{\max} = 0,7$ ;  $\varphi_{\min} = 0,5$ ).  
3-й чинник – частка легкових автомобілів в потоці ( $\rho_{\max} = 50\%$ ;  $\rho_{\min} = 0\%$ ).

### Варіант 14

- 1-й чинник – радіус дорожнього закруглення ( $r_{\max} = 400$ ;  $r_{\min} = 80\text{м}$ ).  
2-й чинник – ширина узбіччя ( $B_{\max} = 3,5$ ;  $B_{\min} = 1\text{м}$ ).  
3-й чинник – поперечний ухил на віражі ( $i_{b\max} = 6\text{‰}$ ;  $i_{b\min} = 2\text{‰}$ ).

### Чинники, що впливають на тривалість затримки пішохода

#### Варіант 15

- 1-й чинник – вік пішохода ( $W_{\max} = 70$ ;  $W_{\min} = 7$  років).  
2-й чинник – інтенсивність руху на дорозі ( $n_{\sum \min} = 400$ ;  $n_{\sum \max} = 900 \text{авт} / \text{год}$ ).

#### Варіант 16

- 1-й чинник – вік пішохода ( $W_{\max} = 60$ ;  $W_{\min} = 17$  років).  
2-й чинник – ширина проїжджої частини ( $B_{\max} = 11,25$ ;  $B_{\min} = 7\text{м}$ ).

#### Варіант 17

- 1-й чинник – інтенсивність руху на дорозі ( $n_{\sum \min} = 300$ ;  $n_{\sum \max} = 800 \text{авт} / \text{год}$ ).  
2-й чинник – ширина проїжджої частини ( $B_{\max} = 9$ ;  $B_{\min} = 6\text{м}$ ).

#### Варіант 18

- 1-й чинник – тривалість червоного сигналу світлофора ( $K_{\max} = 45$ ;  $K_{\min} = 12\text{с}$ ).  
2-й чинник – вік пішохода ( $W_{\max} = 60$ ;  $W_{\min} = 8$  років).

#### Варіант 19

- 1-й чинник – ширина проїжджої частини ( $B_{\max} = 15$ ;  $B_{\min} = 7,5\text{м}$ ).  
2-й чинник – можлива швидкість пересування пішохода ( $V_{n\max} = 2,2$ ;  $V_{n\min} = 1,3\text{м/с}$ ).

#### Варіант 20

- 1-й чинник – ширина проїжджої частини ( $B_{\max} = 15$ ;  $B_{\min} = 7,5\text{м}$ ).  
2-й чинник – слизькість покриття ( $\varphi_{\max} = 0,7$ ;  $\varphi_{\min} = 0,1$ ).

#### Варіант 21

- 1-й чинник – вік пішохода ( $W_{\max} = 60$ ;  $W_{\min} = 10$  років).  
2-й чинник – інтенсивність руху на дорозі ( $n_{\sum \min} = 400$ ;  $n_{\sum \max} = 850 \text{авт} / \text{год}$ ).  
3-й чинник – ширина проїжджої частини ( $B_{\max} = 9$ ;  $B_{\min} = 6\text{м}$ ).

#### Варіант 22

- 1-й чинник – тривалість червоного сигналу світлофора ( $K_{\max} = 32$ ;  $K_{\min} = 13\text{с}$ ).  
2-й чинник – інтенсивність руху на дорозі ( $n_{\sum \min} = 400$ ;  $n_{\sum \max} = 800 \text{авт} / \text{год}$ ).  
3-й чинник – ширина проїжджої частини ( $B_{\max} = 12$ ;  $B_{\min} = 7\text{м}$ ).

#### Варіант 23

- 1-й чинник – вік пішохода ( $W_{\max} = 70$ ;  $W_{\min} = 8$  років).  
2-й чинник – тривалість червоного сигналу світлофора ( $K_{\max} = 54$ ;  $K_{\min} = 11\text{с}$ ).  
3-й чинник – ширина проїжджої частини ( $B_{\max} = 11,25$ ;  $B_{\min} = 7\text{м}$ ).

#### *Варіант 24*

1-й чинник – можлива швидкість пересування пішохода ( $V_{nmax} = 2,4$ ;  $V_{nmin} = 1$  м/с).

2-й чинник – ширина проїжджої частини ( $B_{max} = 12$ ;  $B_{min} = 6$  м).

3-й чинник – слизькість покриття для пішоходів ( $\ell_{max} = 4$ ;  $\ell_{min} = 1$ ).

#### **Фактори, що впливають на число автомобілів у черзі перед перехрестям**

#### *Варіант 25*

1-й чинник – інтенсивність руху на даній смузі ( $\lambda_{bmax} = 400$ ;  $\lambda_{bmin} = 100$  авт/год).

2-й чинник – інтенсивність руху на дорозі ( $n_{\sum min} = 200$ ;  $n_{\sum max} = 1000$  авт / год ).

3-й чинник – частка легкових автомобілів в потоці на смузі ( $\rho_{max} = 100\%$ ;  $\rho_{min} = 0\%$ ).

#### *Варіант 26*

1-й чинник – тривалість червоного сигналу світлофора ( $K_{max} = 52$ ;  $K_{min} = 14$  с).

2-й чинник – інтенсивність руху на смузі ( $\lambda_{bmax} = 450$ ;  $\lambda_{bmin} = 200$  авт/год).

3-й чинник – частка легкових автомобілів в потоці на смузі ( $\rho_{max} = 100\%$ ;  $\rho_{min} = 0\%$ ).

#### *Варіант 27*

1-й чинник – швидкість автомобіля, якого обганяють ( $U_{max} = 70$ ;  $U_{min} = 20$  км/год).

2-й чинник – швидкість автомобіля, що обганяє ( $V_{max} = 90$ ;  $V_{min} = 40$  км/год).

3-й чинник – інтенсивність руху на дорозі ( $n_{\sum min} = 200$ ;  $n_{\sum max} = 600$  авт / год ).

#### *Варіант 28*

1-й чинник – ширина проїжджої частини ( $B_{max} = 18$ ;  $B_{min} = 6,5$  м).

2-й чинник – слизькість покриття ( $\phi_{max} = 0,6$ ;  $\phi_{min} = 0,2$ ).

#### *Варіант 29*

1-й чинник – інтенсивність руху на дорозі ( $n_{\sum min} = 350$ ;  $n_{\sum max} = 750$  авт / год ).

2-й чинник – ширина проїжджої частини ( $B_{max} = 8$ ;  $B_{min} = 5$  м).

#### *Варіант 30*

1-й чинник – тривалість червоного сигналу світлофора ( $K_{max} = 41$ ;  $K_{min} = 11$  с).

2-й чинник – вік пішохода ( $W_{max} = 55$ ;  $W_{min} = 7$  років).

# ДОДАТОК В

Варіанти завдання для самостійного вирішення

## Завдання № 3. Кореляційне відношення

Таблиця В.1 – Вихідні дані до завдання № 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<i>Варіант 1</i>												
<i>x</i>	3,3	3,1	2,4	3,1	2,6	2,4	3,4	3,4	3,4	2,9	3,2	
<i>y</i>	7,5	5,7	5,5	6,8	6,1	6,2	5,0	6,3	5,5	6,7	5,3	
<i>Варіант 2</i>												
<i>x</i>	6,5	6,8	6,7	6,7	6,4	4,8	6,2	6,2	4,8	5,7	5,2	
<i>y</i>	6,8	6,3	5,5	6,1	5,3	5,2	5,4	5,7	5	5,1	5,4	
<i>Варіант 3</i>												
<i>x</i>	65	65	31,5	32	28,5	24	31	33	32	32,5	26	
<i>y</i>	0,6	0,55	0,54	0,53	0,5	0,5	0,54	0,75	0,68	0,56	0,53	
<i>Варіант 4</i>												
<i>x</i>	66	62	64	65	65	67	67	57	52	66	48	62
<i>y</i>	7,5	5,7	5,75	6,8	5,7	5,45	6,01	6,7	6,35	7,5	5,02	5,71
<i>x</i>	64	65	66									
<i>y</i>	5,35	6,92	7,54									
<i>Варіант 5</i>												
<i>x</i>	6,6	5,2	5,7	6,2	4,8	6,2	4,8	6,4	6,7	6,7	6,5	
<i>y</i>	0,75	0,54	0,67	0,51	0,57	0,5	0,52	0,53	0,61	0,55	0,68	
<i>Варіант 6</i>												
<i>x</i>	65	68	67	67	64	62	48	62	57	59	57	52
<i>y</i>	0,68	0,63	0,55	0,61	0,54	0,54	0,52	0,57	0,51	0,68	0,51	0,54
<i>x</i>	66	66	64	67								
<i>y</i>	0,75	0,75	0,53	0,67								
<i>Варіант 7</i>												
<i>x</i>	33	31	31	34	34	29	32	24	26	24	28	32
<i>y</i>	75	57	55	63	56	68	55	51	63	50	64	68
<i>x</i>	24	26	33	32	34	26	24	28				
<i>y</i>	48	65	78	71	66	66	54	62				
<i>Варіант 8</i>												
<i>x</i>	4,3	4,1	3,4	4,1	3,6	3,4	4,4	4,4	4,4	3,9	4,2	
<i>y</i>	8,5	6,7	6,5	7,8	7,1	7,2	6	7,3	6,5	7,7	6,3	
<i>Варіант 9</i>												
<i>x</i>	67	67	33,5	34	30,5	26	33	35	34	34,5	28	
<i>y</i>	0,55	0,5	0,49	0,48	0,45	0,45	0,49	0,7	0,63	0,51	0,48	
<i>Варіант 10</i>												
<i>x</i>	64	60	62	63	63	65	65	55	50	64	46	60
<i>y</i>	7	5,2	5,25	6,3	5,2	4,95	5,51	6,2	5,85	7	4,52	5,21
<i>x</i>	62	63	64									
<i>y</i>	4,85	6,42	7,04									
<i>Варіант 11</i>												
<i>x</i>	68	64	66	67	67	69	69	59	54	68	50	64
<i>y</i>	9	7,2	7,25	8,3	7,2	6,95	7,51	8,2	7,85	9	6,52	7,21
<i>x</i>	66	67	68									
<i>y</i>	6,85	8,42	9,04									

## Продовження таблиці В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<i>Варіант 12</i>												
<i>x</i>	11,6	10,2	10,7	11,2	9,8	11,2	9,8	11,4	11,7	11,7	11,5	
<i>y</i>	2,75	2,54	2,67	2,51	2,57	2,5	2,52	2,53	2,61	2,55	2,68	
<i>Варіант 13</i>												
<i>x</i>	13,6	12,2	12,7	13,2	11,8	13,2	11,8	13,4	13,7	13,7	13,5	
<i>y</i>	0,73	0,52	0,65	0,49	0,55	0,48	0,5	0,51	0,59	0,53	0,66	
<i>Варіант 14</i>												
<i>x</i>	14,6	13,2	13,7	14,2	12,8	14,2	12,8	14,4	14,7	14,7	14,5	
<i>y</i>	5,95	5,74	5,87	5,71	5,77	5,7	5,72	5,73	5,81	5,75	5,88	
<i>Варіант 15</i>												
<i>x</i>	62,5	65,5	64,5	64,5	61,5	59,5	45,5	59,5	54,5	56,5	54,5	49,5
<i>y</i>	0,83	0,78	0,7	0,76	0,69	0,69	0,67	0,72	0,66	0,83	0,66	0,69
<i>x</i>	63,5	63,5	61,5	64,5								
<i>y</i>	0,9	0,9	0,68	0,82								
<i>Варіант 16</i>												
<i>x</i>	60	63	62	62	59	57	43	57	52	54	52	47
<i>y</i>	0,53	0,48	0,4	0,46	0,39	0,39	0,37	0,42	0,36	0,53	0,36	0,39
<i>x</i>	61	61	59	62								
<i>y</i>	0,6	0,6	0,38	0,52								
<i>Варіант 17</i>												
<i>x</i>	53	56	55	55	52	50	36	50	45	47	45	40
<i>y</i>	3,38	3,33	3,25	3,31	3,24	3,24	3,22	3,27	3,21	3,38	3,21	3,24
<i>x</i>	54	54	52	55								
<i>y</i>	3,45	3,45	3,23	3,37								
<i>Варіант 18</i>												
<i>x</i>	44	47	46	46	43	41	27	41	36	38	36	31
<i>y</i>	3,98	3,93	3,85	3,91	3,84	3,84	3,82	3,87	3,81	3,98	3,81	3,84
<i>Варіант 19</i>												
<i>x</i>	82	85	84	84	81	79	65	79	74	76	74	69
<i>y</i>	0,38	0,33	0,25	0,31	0,24	0,24	0,22	0,27	0,21	0,38	0,21	0,24
<i>Варіант 20</i>												
<i>x</i>	58	61	60	60	57	55	41	55	50	52	50	45
<i>y</i>	0,98	0,93	0,85	0,91	0,84	0,84	0,82	0,87	0,81	0,98	0,81	0,84
<i>Варіант 21</i>												
<i>x</i>	50	53	52	52	49	47	33	47	42	44	42	37
<i>y</i>	3,25	3,2	3,12	3,18	3,11	3,11	3,09	3,14	3,08	3,25	3,08	3,11
<i>Варіант 22</i>												
<i>x</i>	64	67	66	66	63	61	47	61	56	58	56	51
<i>y</i>	3,27	3,22	3,14	3,2	3,13	3,13	3,11	3,16	3,1	3,27	3,1	3,13
<i>Варіант 23</i>												
<i>x</i>	47	50	49	49	46	44	30	44	39	41	39	34
<i>y</i>	2,27	2,22	2,14	2,2	2,13	2,13	2,11	2,16	2,1	2,27	2,1	2,13
<i>Варіант 24</i>												
<i>x</i>	54	57	56	56	53	51	37	51	46	48	46	41
<i>y</i>	1,27	1,22	1,14	1,2	1,13	1,13	1,11	1,16	1,1	1,27	1,1	1,13



## Продовження таблиці В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<i>Варіант 25</i>												
$x$	73	76	75	75	72	70	56	70	65	67	65	60
$y$	0,59	0,54	0,46	0,52	0,45	0,45	0,43	0,48	0,42	0,59	0,42	0,45
<i>Варіант 26</i>												
$x$	38	41	40	40	37	35	21	35	30	32	30	25
$y$	6,64	6,59	6,51	6,57	6,5	6,5	6,48	6,53	6,47	6,64	6,47	6,5
<i>Варіант 27</i>												
$x$	47	50	49	49	46	44	30	44	39	41	39	34
$y$	4,64	4,59	4,51	4,57	4,5	4,5	4,48	4,53	4,47	4,64	4,47	4,5
<i>Варіант 28</i>												
$x$	55	58	57	57	54	52	38	52	47	49	47	42
$y$	1,09	1,04	0,96	1,02	0,95	0,95	0,93	0,98	0,92	1,09	0,92	0,95
$x$	56	56	54	57								
$y$	1,16	1,16	0,94	1,08								
<i>Варіант 29</i>												
$x$	56,5	59,5	58,5	58,5	55,5	53,5	39,5	53,5	48,5	50,5	48,5	43,5
$y$	0,59	0,54	0,46	0,52	0,45	0,45	0,43	0,48	0,42	0,59	0,42	0,45
$x$	57,5	57,5	55,5	58,5								
$y$	0,66	0,66	0,44	0,58								
<i>Варіант 30</i>												
$x$	57,55	60,55	59,55	59,55	56,55	54,55	40,55	54,55	49,55	51,55	49,55	44,55
$y$	0,69	0,64	0,56	0,62	0,55	0,55	0,53	0,58	0,52	0,69	0,52	0,55
$x$	58,55	58,55	56,55	59,55								
$y$	0,76	0,76	0,54	0,68								

Варіанти завдання для самостійного вирішення

**Завдання №4.** Перевірка відтворюваності дослідів

Таблиця Г.1 – Вихідні дані до завдання № 4

Варіант	Серія дослідів	Результати випробування на міцність при стисненні, МПа				
		$Y_{j1}$	$Y_{j2}$	$Y_{j3}$	$Y_{j4}$	$Y_{j5}$
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
1	1	6,4	5,6	6,7	7	
	2	5	4,8	4,9	6,8	
	3	13,1	14,2	13,2	11,2	
	4	17,2	18,2	18,6	17	
	5	7,8	6,0	10	8	
2	1	49,2	48,8	57	52	
	2	49	51,2	54	54,6	
	3	48,2	52,6	52	50	
	4	54,4	52	50,7	48,6	
	5	48,4	48,3	52,3	51,6	
3	1	26,8	29	30	29,2	24,2
	2	27,6	29,2	28,8	27	27,2
	3	26,2	27,4	29,6	28	28,4
	4	29,4	28,9	28,1	26,3	27,8
4	1	45,6	46,4	45		
	2	55,2	48,4	44,6		
	3	45,0	42,4	47,2		
	4	44,2	44	40,4		
	5	48	44,8	48,3		
	6	41,4	46,3	44,4		
	7	45,6	48,4	46,8		
5	1	35	35	32	31,2	34,4
	2	30	32,9	33,5	30	36,6
	3	31,8	32,7	32,5	30,9	34,7
	4	32,4	34,8	33,2	33,6	33,6
	5	36	34,4	34,8	35,2	34,7
	6	30,7	34	32,7	33,2	33
6	1	38,4	38,8	35,2	39	38,2
	2	37,7	36,7	37,2	37,1	38,4
	3	38	37,8	37,7	36,6	38
7	1	75	68,2	72,2	69,2	
	2	76,8	71,2	72,1	74,4	
	3	78,8	77,4	71,2	79,8	
	4	74,5	78	76,8	78,5	
8	1	57,2	63,2	58,6	56,8	
	2	58,4	54	55,6	54,4	

Продовження таблиці Г.1

1	2	3	4	5	6	7
	3	58,8	54,5	58,4	51	
	4	58,3	57,2	54,4	58,6	
	5	59	60	60	59,2	
9	1	85,8	78,8	88	83,2	
	2	80,2	81,7	79,8	84,4	
	3	82,4	81,2	80	81,2	
	4	81,4	80	80,7	79,3	
10	1	19,2	24,3	21,4	21,6	
	2	21,6	22	23,2	22,2	
	3	21,8	21,6	25,6	22,7	
	4	23,8	23,2	22,6	23,6	
11	1	63	63,6	62,6		
	2	61,4	59,7	62		
	3	61	63	60,4		
12	1	57,2	57,8	57,3	57,4	
	2	58,5	59,2	59	58,9	
	3	59,5	58,4	57,2	56,8	
	4	58,5	58,2	57,8	60	
13	1	63,7	64,7	64,3	62,7	62
	2	62,7	63	62,5	62,2	63,4
	3	62,5	63	59,8	61,4	62,6
	4	62,6	64	63,9	63,5	64,2
14	1	60,6	60,2	61,3	60,5	61
	2	60,4	59,3	61,2	60,4	61,5
	3	60	60,5	62,2	61,3	61
	4	62,9	62,5	61,7	62,3	60,6
15	1	88	85	93,2	93,6	88,4
	2	84,8	85,2	87,2	92,8	95,2
	3	93,6	92,2	91,6	83,2	84,4
	4	82,4	86,4	84,8	85,4	87,2
16	1	72	70	71,6	72	76
	2	77,2	78	73,6	77,2	81,87
	3	73,6	71,6	76,4	78	78,1
	4	76	78,4	76,4	78,5	78,8
17	1	28	28,4	29,2		
	2	29,6	28,8	23,9		
	3	28,6	29,6	24,7		
	4	27,3	38,2	29		
	5	26,9	27	28,9		
18	1	60,8	73,8	74,5	63,5	
	2	66,7	67,5	62	67,3	

Продовження таблиці Г.1

1	2	3	4	5	6	7
	3	70,25	68	63,3	65	
19	1	43,8	56,3	49,3		
	2	55	44,8	49		
	3	47,5	50	48,8		
	4	47,9	50,4	49,3		
20	1	38	30	32,1	37,5	
	2	35,5	35,8	36,6	35,3	
	3	35	30	31,2	33,1	
	4	37,5	32,5	37,32	30,9	
21	1	52,5	56,3	54,1	50	
	2	55	53,8	58,3	54,5	
	3	57,7	50,9	50,2	53,3	
	4	50	57,5	53,4	56,3	
22	1	85	89,3	92,3	88	
	2	83	85,3	90,8	88,8	
	3	82,5	84,9	89,1	80,4	
	4					
23	1	78,8	83,8	77,4	74,8	
	2	77,5	72,3	73,2	71	
	3	70,3	71,5	76,5	78,6	
	4	76	75,8	73,5	74	
24	1	48,8	42,5	43,8	48,3	
	2	47,5	47,8	48,6	48,1	
	3	45,2	47,4	46,3	47,3	
	4	45,5	46,3	44,9	45,1	
25	1	69,9	67,3	71		
	2	70,4	72,2	69,9		
	3	71	67,8	69,9		
	4	68,5	72,3	71,3		

Оцінити відтвореність дослідів за наслідками випробувань на міцність при стисненні супіщаного ґрунту

Таблиця Г.2 – Вихідні дані до завдання № 4

Варіант	Серія дослідів	Результати випробувань на міцність при розтягуванні, $10^{-1}$ МПа		
		$Y_{j1}$	$Y_{j2}$	$Y_{j3}$
1	2	3	4	5
26	1	5,6	4,9	4,2
	2	2,8	2,8	2,8
	3	4,2	4,2	4,9
	4	2,7	2,7	2,7

## Продовження таблиці Г.2

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
	5	6,3	6,9	4,9
	6	2,3	2,4	2,3
	7	5,6	5,6	3,5
	8	2,3	2,7	2,7
	9	3,5	4,9	5,6

Оцінити відтвореність дослідів за наслідками вимірювань витрати палива автомобілем ЗІЛ–130

Таблиця Г.3 – Вихідні дані до завдання № 4

Варіант	Серія дослідів	Результати вимірювань витрати палива, л/100 км				
		$Y_{j1}$	$Y_{j2}$	$Y_{j3}$	$Y_{j4}$	$Y_{j5}$
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
27	1	40	40,7	39		
	2	53	52,5	53,5		
	3	58,5	59	57,6		
	4	67,6	67	68,2		
	5	52,1	52,8	51,9		
	6	60,7	60,5	61,2		
28	1	63	64	63,5		
	2	71,2	70,7	71,8		
	3	72,4	71,8	73		
	4	43,1	43,8	42,1		
	5	57,8	57,3	58,3		
29	1	35	27	28	36	37
	2	39	40	28	36	35
	3	32	34	33	33	35
	4	30	3,1	34	28	30
30	1	27	26	28	27	
	2	30	25	27	29	
	3	25	24	28	28	

## ДОДАТОК Д

Варіанти завдання для самостійного вирішення

**Завдання №5.** Вирівнювання емпіричних рядів способом найменших квадратів. Прямолінійна залежність

Таблиця Д. 1 – Вплив стандартного відхилення швидкості руху на шум прискорення

Варіант	Стандартне відхилення швидкості, км/год										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Шум прискорення, м/с <sup>2</sup>										
1	0	0,1	0,23	0,3	0,45	0,53	0,71				
2			0,22		0,41		0,68		0,87		1,09
3	0	0,15	0,19	0,2	0,28	0,32	0,4		0,53		0,66
4	0		0,21		0,24		0,38		0,59		0,61
5	0	0,11	0,19	0,22	0,34	0,46	0,58	0,6	0,78		

Таблиця Д. 2 – Зміна емоційної напруженості водія при русі з різним шумом прискорення

Варіант	Шум прискорення, м/с <sup>2</sup>										
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
	Частота пульсу, в % до фону										
6		112		116	118	119		123		127	
7			114		117		121		124		128
8		114		119		125		132			
9			117		124		128		134		
10		113		121	124	126		133		135	

Таблиця Д. 3 – Залежність поперечних відхилень автопоїзда в горизонтальній площині від швидкості руху

Варіант	Швидкість автопоїзда, км/год												
	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
	Величина відхилення, см												
11	17		21		27		30		36		39		44
12	17	20		24		29		32		38		41	
13	17	20		25		29		33	36		39		43
14	19		23		29		33		39		44		49
15		20		26		31		37		41		47	
16	18	20	24		29	32		38		40			
17	20		27		32		38		45		50		58
18		23		29		36		41		48		54	
19	21	23		29	33	36	38		44		50		

Таблиця Д. 4 – Залежність питомої витрати палива від шорсткості покриття

Варіант	Шорсткість, мм							
	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
	Питома витрата палива %							
20	101,8	103,2	104,8	106	107,1	105	110,1	112
21	103	104,6	106,0	107,2	109	110,2		
22	104,4	106,1	107,2	109,1				
23	100,3	100,9	101,7	102,4	103,2	104,3	105,5	
24	101,1	102,1	103	103,8	104,6	105,5		
25			100,5	101,1	102,1	102,9	103,6	

Таблиця Д. 5 – Зміна середньої швидкості транспортного потоку при проїзді заготовчого пункту

Варіант	Інтенсивність руху транзитного потоку, авт/год								
	0	25	50	75	100	125	150	175	200
	Швидкість, км/год								
26	38	37	36	35	34	33	32	31	30
27	54	53	52	51	50,5	50,2	50	49,5	49
28	64	63	62	61,5	61	60,5	60,3	60,1	60
29	66	65	64	63,5	63,2	63	62,5	62,2	62
30	46	45	44	43	42	41	40,5	40	39,5

## СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Основи наукових досліджень : / В. І. Крутов, І. М. Грушко, В.В. Попов та ін. / [Посібн. для техн. вишів] Під ред. В. І. Крутоватого, В.В. Попова. – М. : Вища. шк., 1989. – 400 с.
2. Основи наукових досліджень. / Сидоренко В. М., Грушко І. М. – Х: «Вища школа», 1977. – 200 с.
3. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Основи наукових досліджень» (Розділ «Планування експерименту») / Е. В. Гаврилов, В. М. Кисляков. – Х. : ХАДІ, 1991. – 44 с.
4. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Основи наукових досліджень» (Розділ «Обробка експериментальних даних»). / Е. В. Гаврилов, В. М. Кисляков, Е. І. Скорина. – Х. : ХАДІ, 1988. – 54 с.
5. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Основи наукових досліджень» (Розділ «Регресійний та системний аналіз»). / Е. В. Гаврилов, В. М. Кисляков, Е. І. Скорина. – Х. : ХАДІ, 1988. – 60 с.

*Навчальне видання*

## МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання контрольної роботи

з дисципліни

## МЕТОДОЛОГІЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

*(для студентів 6 курсу заочної форми навчання  
спеціальності 8.03060107 – Логістика)*

Укладачі: **ДАВІДІЧ** Юрій Олександрович  
**ГЮЛЄВ** Нізамі Уруджевич  
**РОСЛАВЦЕВ** Дмитро Миколайович  
**ФАЛЕЦЬКА** Галина Іванівна

Відповідальний за випуск: *зав. каф., д.т.н., проф. В. К. Доля*

Редактор: *З. І. Зайцева*

Комп'ютерне верстання: *І. В. Волосожарова*

План 2013, поз 470 М

---

Підп. до друку 10.04.2013  
Друк на різнографі.  
Зам. №

Формат 60x84/16  
Ум. друк. арк. 2,4  
Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:  
Харківський національний університет  
міського господарства імені О. М. Бекетова,  
вул. Революції, 12, Харків, 61002  
Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:  
ДК №4705 від 28.03.2014 р.